ДЛЯ УМЕЛЫХ РУК
под редакцией С. БАРАНОВА

С. В. МУРАТОВ

КАК ДЕЛАТЬ ЗЕРКАЛА

РЕЦЕПТЫ И СПОСОБЫ СЕРЕБРЕНИЯ ЗЕРКАЛ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКИ И ДОМАШНЕГО ОБИХОДА

БИБЛИОТЕКА ЖУРНАЛА „В МАСТЕРСКОЙ ПРИРОДЫ"
НАУЧНОЕ КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО—ЛЕНИНГРАД—1929

Ленинградский Областлит № 22515. Тир. 5.000 экз. 2½ л. Зак. № 6536.

Государствен. тип. изд. „Ленинградская Правда". Ленинград, Социалистическая, 14

Введение.

Серебрение зеркал хотя и относится к числу тонких операций, требующих большого терпения и аккуратности, однако человек, обладающий некоторой настойчивостью, может быть уверен, что ему удастся правильно посеребрить зеркало если не с первого раза, то все же, когда он овладеет техникой процесса, серебрение будет удаваться неизменно и будет требовать весьма малой затраты времени. Для этого нужна высокая чистота посуды и тех химнческих материалов, которые употребляются в деле серебрения. Затем, лучше ознакомиться с несколькими рецептами, попробовавши их на деле, так как может случиться, что соли, употребляющиеся в каком-нибудь способе, или не найдутся в продаже или магазины не смогут поручиться за их достаточную чистоту.

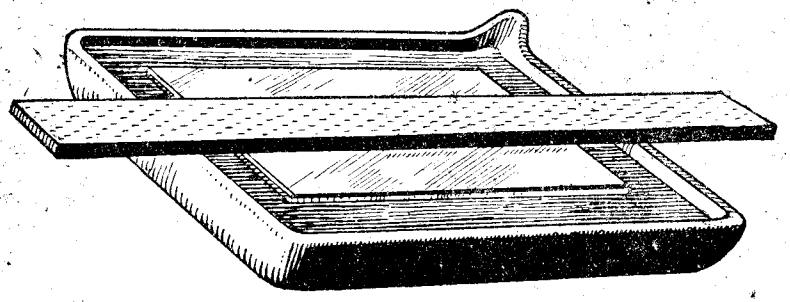
Кроме того, производя все операции, лучше для начала замечать и записывать все обстоятельства процесса, вроде температуры воздуха, растворов и зеркала, свойства сосуда, в котором ведется серебрение, и многие другие обстоятельства, которые на взгляд оператора могут иметь влияние на ход процесса.

Хотя рецептов для серебрения имеется очень много и, казалось бы, что все реакции, совершающиеся при серебрении, должны быть изучены вполне, многое в этом деле остается неясным, и, в большинстве, самые опытные

мастера действуют скорее на основании долгой практики, чем руководясь какими-нибудь научными соображениями. Относительно реакций, происходящих при серебрении, нет никакой литературы, и они, повидимому, настолько сложны и применимы в таком малом числе случаев, что у специалистов-химиков нет времени заняться их изучением; что же касается оптиков, то для всестороннего ознакомления с процессами у них нет той обширной химической подготовки, которая требуется в данном случае предметом. Во всяком случае, явления, происходящие при серебрении, остаются темными и до сих пор, несмотря на три четверти века, протекшие со времени открытия Либихом способа химически осаждать на стекле слой металлического серебра.

Способы серебрения распадаются на два типа — серебрение лицом вниз и лицом кверху. За исключением покрытия серебром больших стеклянных поверхностей, которое встречается в заводской практике и идет лицом кверху, при помощи довольно сложной аппаратуры, все процессы, с которыми приходится сталкиваться любителю, не требуют особого оборудования. Исходным материалом является азотно-кислое серебро, в обиходе „ляпис", которое легко найти в любой аптеке; едкий кали, виннокаменная кислота, спирт или водка, сегнетова соль и т. д. также не являются редкими предметами на рынке, а чистота посуды и аккуратность в работе должны быть налицо в привычках работающего. Если этого нет—сама работа заставит быть аккуратным.

Посуда для серебрения может быть любой формы и размеров — только бы она не требовала слишком большого расхода серебрящих растворов, т. е. не была бы слишком велика по сравнению с обрабатываемым зеркалом. Для этого может служить и фотографическая кюветта и блюдо или тарелка — лишь бы она не обладала металлической поверхностью, соприкасающейся с растворами. Очень часто бывает, что под руками нет посудины,



Стекло, приклеенное к линейке или к доске—таким образом погружается в ванну с раствором.

по форме и размерам подходящей к серебримому стеклу. В этом случае прекрасно может служить неглубокий деревянный ящик из тонкой фанеры, залитый внутри парафином. Чтобы скрепить углы такого ящика мелкими гвоздиками, которые могут и не держаться в тонкой фанере, нужно набить на углах более толстые дощечки и их концы связать уже гвоздями. Залить парафином такой ящик можно, применяя приемы лужения посуды, только вместо олова здесь будет легкоплавкий парафин, а вместо паяльника—нагретый прямоугольный молоток, которым размазываются внутри ящика парафиновые стружки или кусочки.

Можно пользоваться и железным ящиком, согнутым из листовой жести, но в этом случае покрытие его парафином должно производиться с особой тщательностью, чтобы не оставить ни одной точки железа, соприкасающейся с металлом. Не следует также красить ванну, особенно масляной краской, легко разъедаемой аммиаком и грубой, портящей серебряный слой.

Вместо парафина можно пользоваться сапожным варом; он хуже только в том смысле, что молоток-паяльник потребует более сильного нагрева.

Из других принадлежностей нужны достаточной емкости мензурка для отмеривания растворов, стеклянная воронка, стеклянная палочка и чистые бутылки для хранения растворов. Для приготовления восстановителя нужна еще чистая кастрюлька для кипячения его, а для отвешивания солей — грубые аптекарские весы и граммовый разновес.

Серебрение зеркал.

1. Способ, применяемый автором.

Переходя к описанию способов серебрения, прежде всего, укажем тот способ, который принят в астрофизической лаборатории Научного Института имени П. Ф. Лесгафта и применяется для серебрения зеркал в телескопах обсерватории упомянутого Института и Русского Общества Любителей Мироведения. Этот способ автором настоящего очерка многократно проверен на практике.

Приготовляются следующие растворы:

1) 4 gr азотнокислого серебра на 100 cm^3 дистиллированной воды.

2) 9,5 gr едкого кали на 100 cm^3 дистиллированной воды.

3) 1,1 gr виннокаменной кислоты } на 100 cm^3 дистилл.
   9,5 gr сахара-рафинада } лирован. воды.

Раствор третий вскипятить и, по охлаждении, прилить 20 cm^3 90° винного спирта.

Раствор № 3 является восстановителем и работает тем лучше, чем дольше он стоит. Выгодно, поэтому, приготовить его заблаговременно. Зеркало опускается в ванну лицом вниз, и между ним и дном ванны должен быть промежуток около 10 mm. Зеркало нужно прочно приклеить варом к выструганной дощечке, длина которой

позволила бы положить ее концами на подкладки снаружи сосуда и установить зеркало так, чтобы оно не доходило до дна сосуда на указанную вышину в 10 mm. Теперь нужно налить воды в сосуд для серебрения до такого уровня, чтобы зеркало оказалось погруженным на 5 — 6 mm, считая от нижней стороны. Выливши воду в мензурку, можно определить количество растворов, потребное для серебрения данного зеркала. Все три раствора смешиваются в равных частях, но до смешивания подвергаются следующей обработке:

В стакан достаточной емкости отливается нужное количество раствора азотно-кислого серебра (№ 1) и к нему каплями приливается чистый тройной нашатырный спирт (аммиак). От первой же капли раствор мутнеет от образования сложной соли $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ по уравнению:

$$AgNO_3 + 2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]NO_3.$$

При помешивании стеклянной палочкой, муть не исчезнет; прибавляют аммиака до тех пор, пока, даже после энергичного размешивания, жидкость будет оставаться слегка мутной и заметно опализирующей, но светлой. Теперь в этот же сосуд вливают равное количество раствора едкого кали (№ 2). Сразу же выпадает густой бурый осадок, делающий жидкость похожей на какао или кофе с молоком. Составная часть сложного соединения $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, содержащая серебро и азотную кислоту, т. е. $AgNO_3$ реагируют с KOH, давая окись серебра, азотно-кислый кали и воду, по уравнению:

$$2AgNO_3 + 2KOH = Ag_2O + 2KNO_3 + H_2O.$$

Густой осадок окиси серебра нужно уничтожить прибавлением новых порций аммиака, опять приливая его каплями до полного почти осветления раствора. И в первый раз и теперь нужно избегать избытка аммиака и не доводить его количество до появления сильного запаха. Очень легкая муть не мешает, не мешает также и присутствие на дне стакана мелкого черного порошка. Это — металлическое серебро или его соединения, которые, может быть, от недостаточной чистоты препаратов не могли или не успели раствориться. Приготовленный таким образом раствор выливается в ванну для серебрения. Теперь в нем содержится новое сложное соединение серебра и аммония, получившееся по уравнению:

$$2Ag_2O + 2NH_3 + H_2O = 2[Ag_2NH_3]OH.$$

Это соединение, под действием восстановителя, легко теряет металлическое серебро, осаждающееся на зеркале и стенках сосуда в виде блестящего налета и на дне сосуда в виде илистой густой массы.

Приготовив раствор, содержащий серебро, приступают к подготовке зеркала. Чтобы очистить его от металлической грязи, протирают его комочком ваты, намоченной в азотной кислоте и навернутой на деревянную палочку. После этого тщательно споласкивают зеркало под краном. Далее, для уничтожения всякой жирной грязи, протирают зеркало таким же кусочком ваты, смоченной раствором едкого кали, который, кроме того, нейтрализует остатки азотной кислоты; в обоих случаях нужно протирать также и бока зеркала. Опять обильно споласкивают зеркало под краном и погружают его лицом

вниз до половины в теплую воду, градусов на 10 — 15 выше комнатной температуры. На нагретую поверхность серебро садится легче и держится на ней прочнее. У вынутого из горячей воды зеркала насухо вытирают чистой тряпочкой его бока, чтобы избежать потеков во время серебрения. К этому времени в ванну, содержащую раствор серебра, вливают потребное количество восстановителя (раствор № 3) и сильно и быстро размешивают смесь стеклянной палочкой. Смесь скоро мутнеет от обильного выделения металлического серебра, и наилучших результатов можно ожидать тогда, когда раствор получает густо-кофейную окраску. Более слабая фильма серебра получается, если раствор сразу сделался черным, но если он почернел, пройдя через коричневый или желтый цвет, то это служит указанием на нормальный ход. Бывает, что при вливании восстановителя жидкость окрашивается в белый цвет и постепенно переходит в коричневый и черный, что не угрожает особой опасностью, так как на фильме получится только белый налет, удаляемый тщательной полировкой. Смесь, как сказано выше, должна быть хорошо размешана до полной однородности, икаче на зеркале окажутся пятна более или менее плотной фильмы серебра, сообразно с тем, как выделялось серебро под зеркалом.

В размешанную жидкость, сначала слегка наклонно (чтобы под ним не остался воздух), погружается *чистое и теплое* зеркало. Серебро начинает на нем осаждаться сейчас же, и реакция кончается минут через 10—15. На поверхности жидкости появляются рваные пленки металлического серебра и она получает сильный запах аммиака.

Теперь зеркало вынимают, промывают обильной струей воды из крана и ставят сохнуть на ребро в каком-нибудь защищенном от пыли месте. Часа через 3 серебряную фильму протирают сухой чистой замшей [1]), хранимой в коробке или стклянке с пробкой, чтобы защитить ее от пыли, царапающей фильму, или комочком гигроскопической ваты, с хорошо отмученным крокусом [2]). Просушенный крокус для этого растирается по листу белой чистой бумаги и замшей или ватой набирается с этого листа. Во время полировки зеркало нужно держать дальше от лица, чтобы не дышать на него и не увлажнять фильму, которая иначе может стереться. Полировка производится кругообразными движениями по всей поверхности, при чем не нужно опасаться сильно надавливать на фильму. Если она нормальна, она выдержит и сильное трение, и все равно сотрется от самого

[1]) Трудно найти замшу или лайку, безукоризненную в смысле отсутствия твердых, царапающих частиц пыли. Во всяком случае замшу полезно выколотить, вымыть горячей водой с мылом и еще бензином, не скупясь на воду и бензин. Сушить ее надо при полном отсутствия пыли. Особенно вредна пыль от штукатурки, в которой могут быть пылинки песка.

Для отмучивания разбалтывают порошок крокуса в стакане воды, дают постоять около 2 — 3 минут, чтобы осели крупные зерна, и отстоявшуюся воду, с более тонким крокусом, сливают в другой стакан. При помощи мягкой кисточки водой, со взвешенным в ней крокусом, смазывают развернутый лист бумаги и дают высохнуть. Лист хранят сложенным, чтобы в крокус не попала пыль, и с него берут на замшу крокус для полировки.

[2]) Крокус—красная окись железа, продается в москательных лавках; ее отмучивают в воде, сливают и сушат.

легкого прикосновения, если она слаба. При этом способе хорошо посеребренное зеркало, при вынимании из ванны, кажется мутным и покрытым желтыми побежалыми пятнами, которые без следа удаляются крокусом. Если зеркало блестит сразу после ванны, это является признаком или неправильно веденного процесса или слишком быстро прерванного серебрения—„недодержки“ [1]). В обоих случаях фильма является слабой, тонкой и синеватой на просвет. Полировку она в большинстве случаев не выдерживает.

При желании повторить серебрение, старую фильму нужно смыть комком ваты, смоченной в азотной кислоте. Вместо обтирания едким кали, можно обмазать зеркало тонким отмученным порошком мела, разведенным в воде, или лучше в спирту.

2. Способ Hasluck'a.

Есть и другие способы серебрения, при чем употребление их является, повидимому, делом вкуса и привычки, так как, при навыке, все они работают одинаково хорошо. P. N. Hasluck в своей маленькой книжке „Glass Working by Heat and Abrasion“ предлагает такой рецепт.

Нужно иметь четыре жидкости: 1) 3,25 gr азотнокислого серебра на 65 cm^3 дистиллированной воды. 2) Едкого

[1]) При очень чистых материалах и хорошо прогретом зеркале фильма бывает весьма блестящей, но часто слой при этом оказывается сравнительно тонким. Это может быть и хорошо, так как толстый слой, подвергнутый последующей полировке, может исказить форму отражающей поверхности.

кали тоже 3,25 gr на такое же количество воды. 3) Разведеного водой аммиака. 4) 54 gr колотого сахару, 2,5 gr азотной кислоты (чистой и крепкой), 97,5 cm^3 чистого винного спирта и 20 cm^3 дистиллированной воды. По растворении прибавить дистиллированной воды 775 cm^3.

Операция серебрения ведется таким образом: приблизительно десятую часть раствора № 1 отливают, про запас, в отдельную посуду. В оставшееся количество, капля за каплей, приливают аммику, размешивая палочкой появляющуюся муть, и когда она исчезнет, но сильного запаха аммиака еще не чувствуется, как и в предыдущем способе, приливают раствор № 2, повторяя те же операции с аммиаком. Когда раствор осветлится, прибавляют, отлитую заранее, десятую часть раствора № 1, но ровно столько, чтобы раствор принял шафранный цвет и не выпало никакого осадка. При этом раствор должен оставаться не совсем, но почти прозрачным [1]). Теперь остается прибавить дистиллированной воды настолько, чтобы зеркало, опущенное в раствор, погружалось в него на 10—12 mm. Затем вливают 16 cm^3 восстановляющего раствора № 4 и опускают зеркало в ванну. Цвет раствора переходит из шафранного в бледно-розовый, затем в коричневый и, наконец, в черный. Сере-

[1]) Присутствие мути помешает в том смысле, что мельчайшие частицы этой мути осядут на стекло вместе с серебром и оставят после себя сетку мельчайших же дырочек. На невысохшей еще фильме они видны, как крайне мелкие бугорки, а из высохшей фильмы они вываливаются, оставляя дырочки. Лучше фильтровать раствор после аммонизации.

бряный слой при этом получается хотя и тонким (около 0,00002 mm), но достаточно стойким и плотным.

Восстановитель, как общее правило, работает тем лучше, чем он старше; поэтому выгодно заготовлять его впрок, другие же растворы выгодно брать свежими, приготовляя их незадолго до серебрения. Работать лучше в теплой комнате с температурой не ниже 15—16° С.

3. Предосторожности при серебрении с едким кали.

Нужно сказать, что способы серебрения, в рецепты которых входит едкий кали, требуют некоторой осторожности в обращении. Раствор азотно-кислого серебра, насыщенный аммиаком и смешанный с раствором едкого кали, способен давать взрывы в том случае, если в него не скоро вливают восстановитель. В жидкости образуются соединения, так называемые фульминаты, типа $Ag_2C_2N_2O_2$ и нитриды, в роде Ag_3N; соединения эти крайне неустойчивы и способны взрывать от простого прикосновения стеклянной палочки. Для ясности картины, приводим здесь несколько описаний случаев, бывших с английскими астрономами и оптиками и описанных ими в нескольких номерах журнала „Englisch Mechanic and World of Science“ за 1924 год. Один из них, подписавшийся инициалами L. V. A. [1]), сообщает, что, серебря свои зеркала, он пользовался таким рецептом: „растворить 15 гран азотно-кислого серебра в 5 драхмах воды и прибавить крепкого аммиака, пока не растворится выпадающий осадок. Затем прибавить 15 гран

[1]) Engl. Mech. 1924 г. May, 9,

едкого кали, растворенного в 1 драхме воды. Получившийся осадок снова растворить аммиаком. Теперь снова прибавить насыщенного раствора азотно-кислого серебра, пока жидкость не станет соломенно-желтой. Поместить зеркало, лицом вниз, в сосуд и налить в него воды так, чтобы вогнутая поверхность была вполне закрыта. Вынуть зеркало, влить в воду некоторое количество раствора, содержащего серебро, хорошенько размешать, прилить немного раствора чистого декстрина, размешать и погрузить зеркало“. „Отлив немного раствора в сосуд для серебрения и поставив оставшееся количество в стеклянной мензурке на полке в лаборатории, я вышел в другую комнату для того, чтобы вести серебрение. Через несколько минут я услышал глухой взрыв и, вернувшись, увидал, что мензурка пуста, а все полки забрызганы темной серебрящейся жидкостью“.

Такой же случай был с известным оптиком, Давидом Бутс; в сосуде для серебрения у него получился налет серебра, грязно-свинцового цвета. Он хотел сцарапать его стеклянной палочкой, но как только он коснулся ею серебра, раздался взрыв, и раствор выплеснулся ему в лицо, забрызгав потолок комнаты [1]).

Наконец, о третьем случае один из английских астрономов-любителей повествует так: „приготовив раствор серебра, насытив его аммиаком и прилив туда раствора едкого кали, я принужден был обстоятельствами отложить серебрение до другого дня. Уже к ночи я заметил на поверхности жидкости присутствие пенистого налета,

[1]) Engl. Mech. 1924 г. May, 16.

который образовался также и на стенках стеклянного сосуда. Я дотронулся до него стеклянной палочкой и неожиданно вызвал взрыв, расплескавший раствор по всей комнате". Повидимому, окись серебра с избытком аммиака давала реакцию по формуле:

$$3\,Ag_2O + 2\,NH_4OH = 2\,Ag_3N + 5\,H_2O$$

и Ag_3N взрывалось от прикосновения. Приливание восстановителя, в скором времени, после составления серебряного раствора, заставляет выпадать серебро в виде мельчайших частиц металла и не дает реакции итти в нежелательном направлении. Если же раствор долго стоит или, что еще хуже, начал испаряться, результат может получиться, как мы видели, достаточно плачевный. Кроме того, повидимому, аммиак опасен в избытке и опасно употребление его в неразбавленном виде.

Опыты, произведенные для выяснения причин взрывов [1]), показали, что опасную роль здесь может играть и присутствие едкого кали и что лучше пользоваться теми способами, которые работают с азотно-кислым серебром, аммиаком и сегнетовой солью. *Blacklock* рекомендует поэтому такой рецепт: 0,5 gr азотно-кислого серебра на 30—35 cm^3 дистиллированной воды насытить аммиаком и, в качестве восстановителя, влить раствор 1,3 gr сегнетовой соли в 30—35 cm^3 воды.

Сегнетова соль у англичан носит название также рошельской соли — это двойная соль, даваемая винной кислотой с калием и натрием, латинское ее название — tartarus natronatus. В продаже часто встречаются крупные кристаллы ее, содержащие свинец и серную кислоту, правда, в небольших количествах, но все же могущие повлиять на серебрение.

[1]) Engl. Mech. 1924 г. Iuni, 16.

4. Способ Common'a.

Приведем еще несколько способов, применяемых корифеями оптики. *Common* пользовался таким рецептом. Для покрытия 250 квадратных дюймов он брал три раствора.

A) 31 gr азотно-кислого серебра на 300 cm^3 дистиллированной воды. В этот раствор, как и выше, по каплям приливается аммиак до растворения осадка.

B) 31 gr едкого кали в 300 cm^3 дистиллированной воды. Оба раствора сливаются вместе, и к ним, по каплям, прибавляется аммиак до незначительной остаточной мути.

C) (восстановитель). 15 gr глюкозы на 300 cm^3 дистиллированной воды. После прибавления раствора C, фильма на зеркале получается через 40 минут при температуре около 15° C. При несколько высшей температуре серебрение идет скорее.

5. Способ Джемса.

Джемс дает своеобразный способ, служащий для получения блестящей фильмы, не требующей дальнейшей полировки. Для этого он заготовляет только два раствора:

1) 3,11 gr азотно-кислого серебра в 30 cm^3 дистиллированной воды. В этот раствор, как всегда, прибавляется аммиак, пока бурый осадок почти раствориться. Раствор затем необходимо профильтровать и прилить воды до об'ема в 45 cm^3.

2) Восстановитель — 0,78 gr сегнетовой соли растворяется в 30 cm³ дистиллированной воды. Этот раствор надо вскипятить и, во время кипения, прилить 0,13 gr азотнокислого серебра в 3,75 cm³ дистиллированной воды. Затем нужно кипятить еще 5 или 6 минут, охладить, профильтровать и прибавить воды до об'ема в 45 cm³.

Оба раствора смешать поровну при температуре в 45—50° С.

Процесс кончается с просветлением ванны. Если зеркало держать в ванне дольше, есть риск, что фильма помутнеет.

6. Способ Draper'a.

При серебрении 28-дюймового зеркала *Draper* применял такие растворы:

1) 38,83 gr азотно-кислого серебра в 300 cm³ воды.

2) 46 gr едкого кали в 750 cm³ воды.

3) 46 gr чистого и свежего молочного сахару в порошке, разведенного в 300 cm³ воды.

В первый раствор он приливал аммиаку до просветления и затем 600 cm³ раствора № 2, после чего опять прибавлял, по каплям, аммиаку. Полученную жидкость он доводил до об'ема в 2200 cm³ приливанием воды. После этого он опять прибавлял немного № 1 до тех пор, пока бурый осадок мог удерживаться, не исчезая, в течение 3 минут. Для серебрения он вливал весь раствор № 3.

Crossley серебрил 36-дюймовое зеркало пользуясь таким рецептом:

1) 233 gr азотно-кислого серебра в 135 cm³ аммиака перемешивать до тех пор, пока растворится осадок; затем прибавить 1200 cm³ воды и снова перемешать. Раствор профильтровать.

2) 250 gr сегнетовой соли в 2,3 литра воды растворить, перемешать и профильтровать.

3) Хлористого олова ($Sn Cl_2$) в 480 cm³ воды, которое дает молочно-белый раствор с белым осадком.

Перед употреблением жидкость нужно взбалтывать. Зеркало промывается водой, в которую на 6 литров прибавлено 7 cm³ раствора № 2.

Для серебрения на 1 литр воды прибавляется 64 cm³ раствора № 1 и сильно перемешивается. Сюда же вливается 16 cm³ раствора № 2 и также перемешивается. Растворы должны быть нагреты, так же, как и само зеркало, до температуры в 40—60° С.

7. Способ Böttger'a.

1) 5 gr азотно-кислого серебра растворяется в небольшом количестве дистиллированной воды; к этому раствору примешивается аммиак до растворения осадка и все разбавляется водою до об'ема в 500 cm³.

2) 1 gr азотно-кислого серебра растворяется также в небольшом количестве воды и в раствор добавляется еще 500 cm³ кипящей воды. В этой жидкости растворяют 0,83 gr сегнетовой соли и недолго кипятят, пока выпавший осадок не побуреет. Пока жидкость еще не остыла, ее фильтруют и затем хранят в темном месте.

Для серебрения *на зеркало* наливают поровну обоих растворов. Процесс кончается через час, но его можно ускорить, нагревая раствор № 2 до *t* 70° С. Серебрение

можно повторить, если нужно иметь толстую фильму, при чем вообще рекомендуется серебрить, опуская зеркало лицом вниз.

8. Способ Brashaer'a.

Способ *Brashaer'a* отличается от других тем, что в его восстановитель входят азотная кислота и ячменный сахар. *Brashaer* заготовляет такие растворы (для серебрения 36-дюймового зеркала):

A) 3 литра дистиллированной воды.
250 gr азотнокислого серебра.
Сюда приливают крепкий аммиак до просветления.

B) 1 литр дистиллированной воды.
125 gr едкого кали.

C) 25 gr азотно-кисл. серебра.
200 cm^3 воды. } запасный раствор.

Восстановитель:
90 gr ячменного сахару.
4 cm^3 крепкой, чистой азотной кислоты.
175 cm^3 чистого винного спирту.
1000 cm^3 дистиллированной воды.

В раствор A вливается раствор B. Смесь потемнеет или побуреет. К ней прибавляется аммиак до просветления. Раствор должен быть желтоватым, но прозрачным. Теперь прибавляют, медленно, и все время помешивая, запасный раствор. Если его не хватит, прибавляют нового до тех пор, пока раствор не окажется почти насыщенным, что узнается по легкому бурому осадку. Для устранения этого осадка жидкость фильтруется через вату. Для серебрения вливается весь восстановитель. Наилучшая

температура от $+17°$ C до $+23°$ C. При более высокой температуре фильма получается слишком мягкой, при более низкой—слишком тонкой. Избыток восстановителя дает грязную фильму.

9. Способ Martin'a.

Приведем еще способ, предложенный *A. Martin'*ом в 1875 году и долгое время применявшийся на французских обсерваториях. Этот способ оперирует с четырьмя растворами.

1) 40 gr азотно-кислого серебра на 1 литр дистиллированной воды.

2) 6 gr чистого азотно-кислого аммония на 100 cm^3 дистиллированной воды.

3) 10 gr чистого едкого кали (без хлорных и углекислых соединений) на 100 cm^3 воды.

4) 25 gr колотого сахару (рафинада) растворить в 250 cm^3 воды. Прибавить 3 gr виннокаменной кислоты и кипятить 10 минут. По охлаждении прибавить 50 cm^3 чистого алкоголя. Разбавить водой до полулитра зимой и несколько больше летом.

Зеркало, после обыкновенной очистки при помощи азотной кислоты, обмывается дистиллированной водой и насухо обтирается чистой тряпкой. Затем на поверхность зеркала наливается смесь из равных количеств раствора № 3 и алкоголя и растирается комочком ваты по зеркалу. Эта жидкость напоминает сироп и, смачивая стекло, не переливается за края. Смоченную поверхность погружают в воду и, протирая под водой кистью, растворяют сироп. Зеркало затем перекладывают в чистую

воду, поверхностью вниз. Для серебрения 100 mm зеркала смешивают 15 cm³ раствора № 1 и столько же раствора № 2. В другой стеклянной посуде смешивают по 15 cm³ № 3 и № 4. Переливают последнюю смесь в одну стклянку с первой, хорошенько перемешивают и быстро выливают в сосуд для серебрения.

Если растворы составлены правильно, прозрачность их не нарушается при приливании второй смеси. Окончательная жидкость к концу первой полминуты должна стать розовато-желтой, потом желто-коричневой, наконец, чернильно-черной. В этот момент серебро начинает осаждаться в виде платиновидного налета на краях сосуда. Зеркало должно серебриться ровным слоем, без пятен. Сосуд надо покачивать, и, когда поверхность жидкости покроется металлическими пленками, серебрение кончено. Зеркало затем вынимают и промывают в текучей воде, а после споласкивают дистиллированной водой. После серебрения этим способом, по словам автора, фильма оказывается настолько прочной, что ее можно сушить пропускной бумагой. На поверхности фильмы часто оказывается сероватый налет, который легко стирается мягкой замшей с тонким крокусом.

Вполне чистый слой получается в том случае, когда едкий кали свободен от углекислых соединений. Дефекты фильмы зависят от неправильных пропорций растворов. Если в первой смеси мало азотно-кислого аммония, при сливании I и II смеси получается коричневый осадок. Если азотно-кислого аммония много, серебрящий, окончательный раствор остается прозрачный, но будет окрашиваться, проходя через фиолетовый цвет. Серебрение

идет медленно; слой серебра тонок, мутен, желт в проходящем свете и никогда не достигает нужной толщины. Недостаточно чистое стекло влечет за собою образование зеленоватой фильмы. Правильно составленный раствор дает блестящую фильму, светло-голубую в проходящем свете и коричневую в отраженном. Процесс оканчивается в 5 минут. Присутствие углекислых соединений в едком кали обусловливает появление белого осадка в момент сливания двух смесей. На зеркале, при этом, появляются мутные пятна, не поддающиеся никакой полировке. Если в растворе мало азотно-кислого серебра, процесс идет вяло, но серебро можно прибавлять даже во время хода процесса.

10. Способ Danjon'a.

Процесс типа Мартена, но с некоторыми изменениями, предложил *A. Danjon*—астроном Страсбургской обсерватории—на страницах журнала „L'Astronomie" за 1924 год.

Растворы составляются таким образом:

A. Азотнокислого серебра 64 gr на 800 cm³ воды.

B. Чистого аммиаку (22° по Боме) 160 cm³ на 800 cm³ воды.

C. Чистого едкого кали 25 gr на 800 cm³ воды.

D. Сахара-рафинада 25 gr на 100 cm³ воды и азотной кислоты 1 cm³.

Раствор D кипятят 10 минут для инвертирования сахара; после охлаждения прибавляют 100 cm³ винного спирта и приливают дистиллированной воды до 800 cm³. Нужно употреблять только свежие и чистые химические препараты; особенно вредны углекислые соли в едком

кали. Флакон, в котором он хранится, должен быть плотно заткнут пробкой и залит парафином. Во время серебрения нужно избегать низких температур. Ниже 18° С серебрение идет вяло и фильма получается тонкой. Лучше всего процесс проходит при + 22° С, но не портит дела и более высокая температура, даже до 30° С.

Для серебрения все четыре раствора сливаются поровну сначала A, B и C, которые хорошенько перемешиваются, затем в них опускается зеркало, лицом вниз, и кругом наливается восстановитель D, после чего всю жидкость надо помешивать, слегка, до самого конца процесса.

Жидкость быстро мутнеет и окрашивается сначала в темно-фиолетовый цвет, а затем белеет. На поверхности ее появляются пленки серебра и сама жидкость постепенно просветляется, вследствие осаждения взвешенной в ней мути. В это время зеркало лучше вынуть, так как затем фильма становится мутно-белой и трудно поддается полировке. Если полученная фильма тонка, то повторным серебрением можно нанести новый слой, стараясь только, чтобы первая фильма не высохла. Нужно, однако, заметить, что при правильно веденной операции первый же слой оказывается настолько плотным, что сквозь него трудно разглядеть солнце. Если солнце просвечивает, то слой может стереться под полировкой. Окончательная промывка ведется как обыкновенно, но для ускорения *Catton* рекомендует промывать довольно теплой водой. Это как будто уплотняет фильму и облегчает полировку. Просохшее зеркало кажется желтоватым и запыленным; эти недостатки устраняются последующей полировкой.

11. Способ серебрения с формалином.

Кроме вышеприведенных рецептов серебрения, при которых в восстановителе употребляется сахар, есть еще способ работы с формалином. В нем применяется: 1) азотно-кислое серебро, 2) обыкновенный продажный формалин (40%), 3) азотная кислота, 4) едкий натр, 5) нашатырный спирт (аммиак), 6) дистиллированная вода.

Необходимым условием является чистота посуды и самого зеркала. Все стеклянные предметы промывают азотной кислотой, споласкивают дистиллированной водой и еще раз, для нейтрализации остатков кислоты, промывают едким натром или аммиаком, после чего опять споласкивают водой.

Растворяют 10 *gr* азотно-кислого серебра в 200 cm^3 дистиллированной воды и, по каплям, приливают аммиаку (нашатырного спирта) до растворения осадка. Если аммиаку прибавлено слишком много, нужно вновь прилить раствора азотно-кислого серебра, чтобы вызвать образование осадка, который опять осторожно уничтожается аммиаком. К полученной жидкости приливают дистиллированной воды до 200 cm^3 и фильтруют жидкость через бумагу.

Зеркало, после промывки, кладут в формалин, затем прополаскивают дистиллированной водой и пока оставляют лежать в ней.

На каждые 30 cm^3 раствора азотно-кислого серебра берут 25 — 30 капель формалина. Оба раствора отмеривают в двух сосудах, затем сливают в сосуд для сере-

брения, быстро перемешивают и сейчас же опускают в него мокрое зеркало.

E. Schaer, по указанию G. Raymond [1]), применяет способ Брэшира, но в измененном виде. Зеркало протирается комком гигроскопической ваты и обильно споласкивается водой, затем, как и всегда, протирается ватой, смоченной щелочным раствором, и опускается, лицом вниз в сосуд с дистиллированной водой.

Серебряная ванна составляется таким способом:

I. Восстановитель.

Дистиллированной воды	1000 cm^3
Обыкновенн. сахару (колотого) .	90 gr
Азотной кислоты	5 cm^3
Винного спирту 90°	175 cm^3

Спирт прибавляется для того, чтобы задержать последующую ферментацию. Этот раствор годен только по прошествии 8 часов. Чем он старше, тем лучше.

II. Дистиллиров. воды	1000 cm^3
Азотно-кислого серебра	10 gr
III. Дистиллиров. воды	1000 cm^3
Едкого кали	10 gr

IV. Крепкого аммиака.

Как и в других способах, реакция основана на восстановлении окиси серебра, растворенной в аммиаке, при помощи инвертированного сахара.

[1]) „L'Astronomie" 1927 г., стр. 368.

Правильно составленная ванна должна содержать 1 gr азотно-кислого серебра на каждые 0,5 gr едкого кали, но присутствие последнего можно допускать в количестве даже до 1 gr. Восстановитель, до приливания спирта, должен быть прокипячен минут 10—15.

Раствор азотнокислого серебра аммонизируется до легкой остаточной мути и, как в предыдущих способах, в него приливается едкий кали, но в половинном объеме, после чего смесь опять аммонизируется и опять до легкой мути.

Восстановитель берется в объеме 6 cm^3 на каждые 100 cm^3 раствора азотно-кислого серебра. В окончательную смесь, лицом вниз, опускается зеркало.

Первый раз пленка серебра на нем получается тонкой и слабой и процесс нужно повторить, после чего слой серебра оказывается уже достаточно толстым; он слегка мутен, желтоват и опализирует. Лучшая температура для серебрения это + 18° C; при ней слой серебра плотен и принимает высокую полировку. При более низких температурах серебро садится плохо, а при более высоких— слой блестящ, но слаб, а сам процесс оканчивается весьма скоро.

Все эти способы употребительны в тех случаях, когда слой серебра нужно получить на отражающей поверхности стекла, когда световые лучи не должны проходить дважды через толщу стекла и когда серебряный фильм должен быть, по возможности, чистым и блестящим. Эти случаи мы встречаем в астрономических и физических приборах, где нужно иметь яркую поверхность, отражающую до 95% всего падающего на нее света. Однако,

со временем высокополированное серебро тускнеет и светосила зеркала падает до 80% — 70%. Потускнение идет особенно быстро в воздухе, содержащем даже только следы сернистых газов; в городах зеркала приходится серебрить по нескольку раз в год, тогда как вдали от города они могут сохранять фильму в течение нескольких лет. Однако, на нее и здесь может оказать дурное влияние конструкция оправы зеркала, особенно если она деревянная и склеена столярным клеем.

Для предохранения зеркала от вредного влияния клея *Лозе* советует вкладывать в крышку, закрывающую зеркало от пыли, слой бумаги, пропитанной раствором уксуснокислого свинца.

12. Предохранение зеркал.

За последнее время как будто бы найден способ радикально предохранять зеркала, предложенный сначала *Yzard*'ом и разработанный затем *Pérot* во Франции и *Miete* в Германии.

По способу Pérot, зеркало обливают лаком, являющимся раствором целлюлоида в амил-ацетате, и дают высохнуть. При этом получается тонкий слой прозрачного целлюлоида, совершенно равномерный и не отзывающийся на качестве изображений. К сожалению, слой целлюлоида оказывается слишком нежным и осевшую на нем пыль можно смахивать только очень мягкой кисточкой.

Употребляемый для этого лак не должен содержать более 20% ацетона. Продажный японский лак или лак „цапон" содержит ацетон в большем количестве. Его

нужно разбавить чистым амил-ацетатом, иначе лакировка окажется молочно-белой и мало прозрачной.

Содержание целлюлоида в лаке не должно превышать 1,5%—2%; более густой лак долго сохнет и дает неровный слой, а более жидкий—способен давать разорванную пленку.

Нормальная пленка имеет толщину 0,3 микрона; пленка, полученная из однопроцентного раствора, имеет в толщину всего 0,2 μ.

Добиться хорошей лакировки нетрудно; облив зеркало, его наклоняют во все стороны и равномерно разливают по нему таким образом лак. Сушат лак, поставив зеркало на ребро.

К серебрению стекла с задней стороны, как в обыкновенных комнатных зеркалах, предъявляются не такие строгие требования. Слой серебра, осажденный на них, сам по себе получается ярким, если поверхность хорошо очищена, а так как она и является отражающей поверхностью, то отпадают работы по дальнейшей полировке серебра.

13. Серебрение больших поверхностей обливанием.

Способы серебрения больших зеркальных стекол можно разделить на горячие и холодные. Типичным способом первого рода является способ Питжана, сложный по оборудованию, но весьма хорошо достигающий цели. Лист зеркального стекла кладется на стол, состоящий из железного ящика с дном из выструганной чугунной плиты, на которую наложен слой холста и просмоленного сукна. Внутри между стенками и чугунной плитой сделаны жолоба для

стока серебрящей жидкости. Во время серебрения этот ящик подогревается до 60° С чаще всего или горячей водой или паром, пропускаемым через воду, налитую в железный же кожух, охватывающий ящик. Подлежащие серебрению стекла кладутся на чугунную плиту и верхняя поверхность их выверяется на горизонтальность уровнем при помощи деревянных клиньев, подкладываемых под тот или иной край стекла.

Осеребряемая поверхность очищается отмученным мелом и аммиаком (нашатырным спиртом), сильно промывается водой и протирается комком гигроскопической ваты, смоченной восстанавливающим раствором с примесью небольшого количества окиси олова. Прочищенное стекло укладывается на чугунную плиту, при чем предварительно его промывают дистиллированной водой. Очищенная сторона должна прийтись сверху и, после выверки горизонтальности ее, она обливается небольшим количеством раствора № 1, составленного следующим образом:

I. Дистиллированной воды . . . . . 100 cm^3
Азотно-кислого серебра . . . . . 20 gr
Нашатырн. спирта . . . . до растворения мути.
Виннокам. кислоты 2,3 gr, растворенной в 8 cm^3 воды.

Эта смесь разбавляется до 2,5 литров дистиллированной водой. Получающаяся муть отстаивается и прозрачная жидкость сливается в другой сосуд. Осадок промывается 2,5 литрами воды, которая приливается в тот же сосуд. Смесь эта взбалтывается и окончательно долизается еще одним литром дистиллированной воды.

Слой раствора, вылитого на зеркало, разгоняется резиновым катком, тоже предварительно вымытым и сполоснутым тем же серебрящим раствором. Это делается для того, чтобы вся поверхность зеркала была равномерно смочена и из слоя жидкости были удалены все воздушные пузырьки. Затем на стекло наливается слой того же раствора с таким расчетом, чтобы он разлился равномерно и держался бы слоем в 2—8 mm толщиной. Затем весь серебрильный ящик нагревается обычно паром, пропускаемым внутри его двойных стенок до 60° С. Через полчаса серебрение оканчивается.

После этого с зеркала сливается истощенная жидкость, а слой серебра, осевший на стекле, промывается дистиллированной водой, для отмывки серого грязного осадка, покрывающего его сверху. Обычно после первого серебрения, слой металла тонок и покрыт массой мельчайших дырочек; чтобы закрыть их, зеркало серебрят вторично таким же путем, при помощи раствора № 2, составляемого, как и первый, но в котором виннокаменной кислоты берется вдвое большее количество. После вторичного серебрения, зеркало опять промывается дистиллированной водой, и эта промывка требует особого внимания, т. к. дурно промытое зеркало недолговечно, оно может покрыться пятнами, а слой серебра иногда даже склонен лупиться.

Через час, когда серебро просохнет, его красят или быстро высыхающей масляной краской (не содержащей серы, от которой серебро темнеет) или асфальтовым лаком.

Для холодного серебрения зеркала наливанием сверху употребляется способ Мартина-Бенрата. Растворы для него следующие:

I.	Дистиллирован. воды	10 литр.
	Азотно-кисл. серебра	800 gr
	Азотно-кисл. аммония	1200 gr
II.	Дистиллирован. воды	10 литр
	Едкого натра, свободного от углекислоты и хлора	1300 gr
III.	Дистиллированной воды	4500 cm^3
	Сахара-рафинада	150 gr
	Виннокам. кислоты	15 gr

Сахар и виннокаменную кислоту кипятят около 30 м. до желтого цвета в полулитре воды, идущей на изготовление всего раствора III, при чем виннокаменную кислоту можно заменять азотной, с расчетом 18 гр кислоты на то же количество сахара, растворенного в 1,5 литрах воды.

Растворы I и II смешивают поровну, разбавляют четверным количеством воды, перемешивают и оставляют отстоятся в темной комнате. Осветленная таким образом жидкость сливается с черного осадка и употребляется для серебрения, вместе с раствором III.

Если жидкостям I и II не дать отстояться, черный осадок произведет множество дырочек в серебряной фильме, и в этом случае лучше серебрить не наливанием, а погружением.

Восстановитель берется в количестве от 7% до 10% от количества оставшейся смеси раствора I и II, смотря

по температуре помещения. Чем она выше, тем восстановителя надо меньше.

Слишком большое количество восстановителя ведет реакцию чрезмерно быстро и слой серебра получается рыхлым и слабым.

Смесь всех трех растворов дает сразу же розовый цвет, переходящий в фиолетовый, а затем в черный и, под конец, делается прозрачной к тому времени, когда серебрение кончается. Слой серебра после первого наливания все-таки слаб и тонок, так что его приходится утолщать повторным серебрением, употребляя, однако, уже половинное количество серебрящего раствора. Последующая промывка должна удалить все следы щелочей и на нее нужно обращать серьезное внимание.

Красят зеркала суриком, разведенным в льняном масле. Когда требуется особая стойкость против внешних влияний, фильму покрывают налетом меди, осаждая ее гальваническим путем, и уже сверху закрашивают какой-нибудь краской или лаком.

Для серебрения шаров и др. полых предметов изнутри, их ополаскивают особым раствором плавиковой кислоты, а затем обильно промывают водой. Серебрящий раствор наливается внутрь и вся поверхность ополаскивается им до полного окончания процесса.

14. Способ Эделя.

Эдель дает более простой способ для серебрения наливанием. Он употребляет только два раствора:

I.	Дистиллирован. воды	240 cm^3
	Азотно-кислого серебра	30 gr

Прибавляют аммиака до исчезновения осадка, но не больше, затем фильтруют через бумагу и добавляют водой до 480 cm^3 всей жидкости.

II. Дистиллиров. воды . . . . . 300 cm^3
Сегнетовой соли . . . . . 0,75 gr

Нагревают до кипения, прибавляют 0,166 gr азотнокислого серебра и, помешивая стеклянной палочкой, кипятят 10 — 15 минут, пока раствор не посереет. Затем фильтруют и также разбавляют до 480 cm^3. Оба раствора хранятся в темном и прохладном месте. Для серебрения смешивают поровну оба раствора и прибавляют еще двойное количество воды.

Приготовленную смесь выливают на очищенное стекло и оставляют в покое до окончания процесса, на что требуется около 1 часа.

Серебрение наливанием требует меньшего количества растворов и, значит, экономичнее, чем серебрение погружением, но, имея дело с этим способом, нужно зорко следить за тем, чтобы образующаяся муть не садилась на стекло и не мешала отлагаться на нем чистой металлической фильме. Во многих случаях приходится сметать эту муть комком ваты, которая одновременно может стереть и слабую фильму. Однако, если процесс ведется правильно, то серебряный слой с самого начала получается таким прочным, что его нельзя снять даже сравнительно сильным давлением пальца.

15. Условия успеха.

Правильность процесса серебрения, как это было видно из всех приведенных примеров, заключается в соблюдении следующих условий: 1) Соли и вода, употребляемые для серебрения, должны быть вполне чисты. 2) Поверхность стекла должна быть равномерно чиста, при чем нужно очищать и боковые стороны стекла, так как жир, грязь и остатки азотной кислоты затекают с них на нижнюю, серебримую, поверхность и дают на ней мутные, темные пятна. 3) Протирание азотной кислотой, так же, как и дальнейшее протирание едким кали или раствором другой щелочи, имеющее целью не только удаление жиров, но и, главным образом, нейтрализование остатков кислоты, должно производиться широким тампоном ваты и по всем направлениям, чтобы после щелочей не осталось пропущенных мест, где следы кислоты съедят первые порции металлического серебра и дадут в этих местах более слабую, просвечивающую и темную фильму. 4) Температура растворов играет решающую роль. При многих способах (холодных) высокая температура дает быстро идущую реакцию, но фильма получается рыхлой. С другой стороны, низкая температура замедляет реакцию, количество серебра, выпадающее в виде блестящего покрова, сильно убывает за счет мутного осадка, и фильм получается тонким, слабым и прозрачным. Однако, нужно сказать, что разные способы различно относятся к температуре, и способ, принятый в астрофизической лаборатории Научного Института Лесгафта, многократно применяемый автором, дает хорошие результаты одинаково при колебаниях температуры от + 14° С до 30° С, хотя и протекает с различной скоростью.

Если иметь в виду наружное серебрение погружением лицом вниз и желательно иметь хотя и тонкую, но блестя-

щую фильму, зеркало предварительно нужно погрузить в нагретую до 30 — 40° С воду. При этом получается фильма, не требующая полировки. Когда нужен более толстый слой, но безразлично, ярок он или нет, серебрение можно повторить, но свободная поверхность серебра получается уже белесоватой, хотя белесоватость эта легко удаляется полировкой при помощи ватного тампона, обернутого чистой лайкой и осыпанного небольшим количеством чистого, отмученного и сухого крокуса. Как бы ни был тонок крокус и как бы ни была чиста лайка, все же комнатная пыль производит мельчайшие царапинки на серебре во время операции полировки. Поэтому для зеркал телескопов и физических приборов нужно стремиться к получению яркой фильмы, не требующей дальнейшей обработки.

В только что упомянутом способе, после первого серебрения, фильма получается толщиной в 0,0002 мм, и сквозь нее легко видна электрическая лампа, но вместе с тем слой серебра настолько прочен, что в сухом виде он не стирается от сильного давления пальцем. Для наружного серебрения нет особого смысла гнаться за толстыми фильмами, так как все равно отражает только верхний слой серебряных частиц; более глубокие слои тем менее участвуют в отражении, чем большее количество частиц лежит над ними, на пути падающих на зеркало лучей. Кроме того, толстый слой ложится далеко не так ровно, как это может показаться с первого раза, и те бугорки и впадины, которые при этом получаются, могут чувствительно изменить правильную плоскую или кривую поверхность зеркала.

Условия чистоты распространяются и на ту посуду, в которой ведется серебрение. При процессах с наливом сверху это условие не так важно, но при серебрении лицом вниз оно приобретает большое значение. Посуда, даже отмытая, стенки и дно которой уже покрыты серебром от повторных серебрений, может в некоторых случаях принести свою долю вреда — если, например, чешуйки серебра, отставши от стенок, прилипнут на серебримую поверхность. Присутствие азотной кислоты в дурно промытой ванне растворит взвешенное в растворе металлическое серебро и не даст ему осесть на зеркало и т. д. и т. д.

В качестве посуды годно всякое вместилище, лишь бы оно не имело металлической поверхности: стеклянные, фарфоровые, фаянсовые, глиняные чашки и кюветы лучше всего подходят для этого дела. За неимением их можно пользоваться и деревянной и металлической посудой, обливши их слоем расплавленного парафина или вара.

Погружая зеркало, его или кладут на три стеклянные кусочка, достаточной толщины, размещенные на дне ванны на равных расстояниях по окружности зеркала, или приклеивают к зеркалу с задней стороны варом или воском брусок, концы которого, выступая за края зеркала, лежат на краях ванны или на каких-либо подпорках вне ванны. Наконец, для мелких зеркал употребляют присоски в виде толстостенных стеклянных стаканов, которые отверстием упираются в гуттаперчевое кольцо, проложенное между ним и зеркалом. Под стаканом сжигается кусок ваты, смоченной спиртом. Кислород воздуха, заключенный под стаканом, сгорая, понижает под ним давление, и стакан с достаточной силой прилипает к зеркалу. За этот стакан

и держат зеркало во время работы. Отнимают его, вводя лезвие ножа под гуттаперчевое кольцо.

Для серебрения наливанием окружают стекло полоской восковой бумаги, приклеивая ее к стеклу воском или парафином. Лучше, если стекло будет окружено еще рамой, уровень которой будет несколько ниже поверхности будущего зеркала. Тогда между зеркалом и бумажной стенкой со всех сторон получится канавка, куда, покачивая стекло, можно убирать образующуюся муть.

Операция серебрения на первый взгляд кажется не сложной, но нечистота посуды и солей может сыграть плохие шутки с начинающими. В зависимости от качества химических поодуктов, реакция может итти всякий раз различно, и нужно приспособляться для того, чтобы безошибочно провести серебрение. Таким образом, опыт играет тут решающую роль, и весьма полезно обдумывать каждое новое обстоятельство или препятствие, встреченное во время работы.

В общем, держась одного и того же способа, легко добиться хороших результатов.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение 3

Серебрение зеркал.

1. Способ, применяемый автором 7
2. Способ Hasluck'a 12
3. Предосторожности при серебрении с сухим кали 14
4. Способ Common'a 17
5. Способ Джемса 17
6. Способ Draper'a 18
7. Способ Böttger'a 19
8. Способ Brashaer'a 20
9. Способ Martin'a 21
10. Способ Danjon'a 23
11. Способ серебрения с формалином 25
12. Предохранение зеркал 28
13. Серебрение больших поверхностей обливанием 29
14. Способ Эделя 33
15. Условия успеха 34